

<研究資料>

子ども向けの出前化学実験のための教育プログラム

「血で光る液体をつくる」の開発

田中俊行

The unique educational program of “Liquid that emits light by blood” for chemical experiment of delivery for children

TANAKA Toshiyuki

キーワード： 教育プログラム，出前化学実験，子ども，ルミノール反応

Keywords: educational program, delivery chemical experiment, children, luminol reaction

1. はじめに

筆者は，中高生の理科離れはその時期までに第1に楽しい，そして第2に科学の知識が現実の生活と繋がっていることを認識できる科学実験の体験が極めて少なかったことに起因していると考え，2004年より地域の子どもの対象にした科学実験やものづくりイベントの企画・運営および出展を続けてきている¹⁻³⁾。

また，鳥取大学地域学部の土井康作らが，科学技術振興機構（JST）の支援を受けて，ものづくり協力会議を組織し，平成20年度から始めた「ものづくり道場⁴⁾」創設事業にも参画し，筆者は米子ものづくり運営会議（以降は，米子会議と略す）の代表として，米子ものづくり道場の創設と運営を行った⁵⁾。

ものづくり道場の主要な目的に，子ども達にものづくり技術や科学を伝授する「ものづくり指導者」の養成がある。この目的のために，米子会議は米子市児童文化センターに設置した米子ものづくり道場で，地域住民を対象にして，「ものづくり指導者養成講座」（以降は，指導者講座と略す）を現在までに5回実施してきている。そのうちの第1回指導者講座の5講座の様子を写真1に示す。

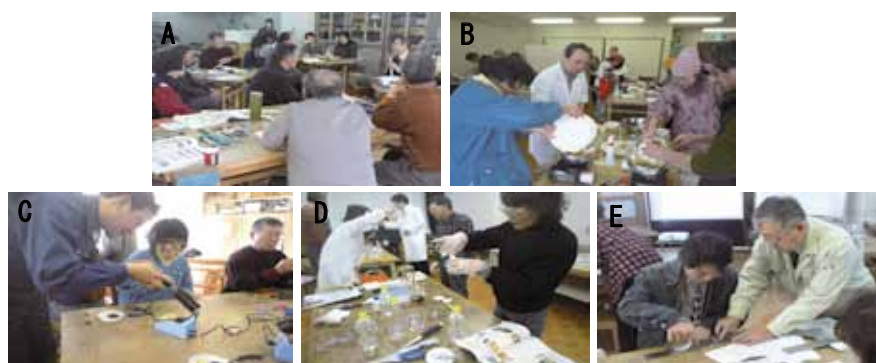


写真1 米子ものづくり道場・第1回指導者講座の様子

A ものづくり基礎・指導法講座（講師：鳥取大学 土井康作），B 生物系講座「ジャムをつくろう」（講師：寿製菓株式会社 木村英人），C 電機系講座「ウォーキングライトをつくろう」（講師：日下エンジニアリング株式会社 佐々木 禎），D 化学・物理系講座「血で光る液体をつくる」（講師：鳥取大学 田中俊行），E 機械系講座「変形鳥おどし風車をつくろう」（講師：FUDEN 研究所 清水谷 繁）

筆者が、この指導者講座で使用するために開発した、子ども向けの出前化学実験用教育プログラム「血で光る液体をつくる」の作成過程および内容等について報告する。

2. 指導者講座のための化学実験の6つの要件による教育プログラムの作成

筆者は、指導者講座で使用する化学実験教育プログラムの開発に、次の6つの必要条件を課した。

- A 子どもにとって印象の強い化学実験にする。
- B 化学と社会との繋がりを実感させるため、化学反応は社会の中で利用されているものにする。
- C 受講者に、化学薬品の化学的性質や有害性に関する知識を提供できるものにする。
- D 化学を身近に感じさせるため、使用する化学薬品は出来るだけ市販されているものを使う。
- E 新しい技術や器具に触れさせる。
- F 科学の体験イベントで多くの子ども達に化学を体験してもらうために、実験時間は20分以内とする。

Aの条件から、「光る反応」を利用することを考え、Bの条件を満たすために、犯罪捜査で血痕検出のスクリーニングに使われているルミノール反応^{6, 7)}を選んだ。

ルミノール反応とは、化学薬品のルミノール (luminol, 分子式 $C_8H_7N_3O_2$: lumi とはラテン語で光の意味) がアルカリ性 (塩基性) 水溶液中にある時、過酸化水素 (hydrogen peroxide, H_2O_2) などで酸化されると青白い光を発する反応 (極大発光波長: 460nm 付近) を言う。この反応の機構は文献7に詳しい。

筆者は、「ルミノールの塩基性水溶液に過酸化水素を加えた液」を子ども向けに「血で光る液体」と名付けた。この液体を、血痕に吹き付けると、血液成分のヘミンやヘモグロビンが過酸化水素によるルミノールの酸化反応を著しく促進する (触媒する) ため、暗室で目に見える強い発光を示す。

血で光る液体に必要な構成成分は、ルミノールと塩基と過酸化水素と水である。ここで使用する塩基には、最もよく知られた塩基である水酸化ナトリウム (sodium hydroxide, NaOH) を選択した。理由は、ルミノールが一般薬品であるのに対し、水酸化ナトリウムが有害性の高い「劇物」に分類されるので、Cの条件の薬品の有害性に関する知識の提供に都合の良い具体例となるからである。

また、Dの条件を満たすために、過酸化水素の供給源として市販の消毒薬のオキシドール (約3% H_2O_2 を含有) を選択した。水は、水道水をイオン交換樹脂で精製した水 (精製水) を使用したが、水道水 (鳥取市、米子市) をそのまま使用しても問題はなかった。

Eの条件から、ルミノール、水酸化ナトリウム、ヘモグロビンの秤量に電子天秤を、これらの薬品の溶解にマグネティックスターラを、そしてルミノール溶液へのオキシドールの添加、疑似血液付着ろ紙の作成時にはマイクロピペットを使用するプログラムとした。

Fの条件から、子ども向けの科学体験イベントで、子どもが体験するプログラムには、塩基性の水酸化ナトリウム水溶液を調製する過程や疑似血液付着ろ紙を作成する過程は省略することとした。

3. 教育プログラム「血で光る液体をつくる」の基本構成

ものづくり協力会議の教材開発部会で審議された結果、指導者講座で使用する教育プログラムは、基本プログラムと指導用プログラムと補助プログラムの構成とされている。

基本プログラムは、ものづくりの具体的な手順等を示したプログラムで、「テーマ」、「材料」、「工具・道具」、「つくり方」で構成される。「血で光る液体をつくる」では、受講者に化学実験で使用する器具・機器の正しい取扱い方法を学んでもらうことに主眼を置いて作成した (図1~3)。図1の水酸化ナトリウム水溶液 (0.1 mol/L) の調製時の水酸化ナトリウムの秤量は、水酸化ナトリウムが潮解性をもつため、素早く行う必要がある。

血で光る液体をつくる

基本プログラム

鳥取大学 医学部 生体制御学講座 准教授 田中俊行

■ 材 料

水酸化ナトリウム水溶液 (ペットボトル内)、ルミノール粉末 (薬品びん内)

オキシドール (薬品びん内)、ラベル、

疑似血液付着紙 (プラスチック白皿内、四つ切り)

※水酸化ナトリウム水溶液 (0.1mol/L) の調製方法

精製水500mLに、水酸化ナトリウム (試薬特級) 2.0gを溶かす。

(容量500mLのペットボトルに、あらかじめ500mLの位置に目印を付けておく。)



■ 工具・道具

- ① 上皿電子天秤 (水準器付きで、0.01gまで測定可能) と秤量皿 (薬品を入れてその質量を測るための皿)
- ② ミクロスパチュラ (微量の薬品や試料をすくい取る細長いさじ)
- ③ マグネティックスターとマグネット (磁力を利用して、薬品を液体に溶かすための機械と器具)
- ④ メートルガラス (50mL) (液体の体積を測る器具)
- ⑤ 三角フラスコ (共栓付き) (液体を入れ、薬品の溶解や反応に使う容器)
- ⑥ スプレー (内部の液体を霧状にして外に出す器具)
- ⑦ 暗箱 (光をさえぎり、内部を暗くした箱)
- ⑧ 安全メガネ (危険な薬品が目に入るのを防ぐメガネ)
- ⑨ マイクロピペットとチップ (液体の微量体積を正確に測り取る器具)
- ⑩ 強力磁石 (溶液内のマグネットを引き上げるために使用する)
- ⑪ ピンセット (指で触れると物体を汚す場合に指の代りに、また微小な物体を取り扱う時に使う器具)

■ 作り方

水酸化ナトリウム水溶液にルミノール粉末を入れます。

- (1) 調製済の水酸化ナトリウム水溶液を、三角フラスコに小分けする。

・ペットボトルの水酸化ナトリウム水溶液 (0.1mol/L、調製済) を、メートルガラスで50mL測り取り、三角フラスコに移す。



メートルガラス



三角フラスコ

- (2) 薬品びんに入っているルミノール粉末 0.05g をはかり取る。上皿電子天秤に秤量皿を置き、薬品びんからルミノール粉末をミクロスパチュラですくい取り、秤量皿に入れて量る。

上皿電子天秤の置きかた

- ・電子天秤は0.01gまで測定できる精度の高い天秤。水平に置かれていなかったり、操作中に動いたりすることで電子天秤のまわりに気流を生じると、数字が動き、正確な質量測定ができなくなる。
- ・天秤が水平に置かれていることを確かめるため、電子天秤の水準器の気泡が輪の中に入っていることを確認。
- ・気泡が輪の中に入っていない場合は、電子天秤の下部の左右のレベルリングフットを回して、輪の中に気泡を入れる。



レベルリングフット



図1 「血で光る液体をつくる」の基本プログラム (1) (文献8)

図1には、「作り方」(2)のルミノール粉末のはかり取る量が0.05gと記載しているが、最初に作成した時は0.03gと記載していた。本来、ルミノール粉末は白色に近い色であるが、ある時期から製造会社から購入す

るルミノール粉末が褐色のものに変わった。それに伴い、秤取する量 0.03 g では発光が不十分になったので、0.05 g に増量した。現在、その製造会社は、再び、白色に近い色のルミノール粉末を供給できるようになっているが、褐色の粉末にも対応できるようにするため、0.05 g の記載としている。

上皿電子天秤のゼロ表示セット

- ・電源を入れ、液晶面の 0.00g 表示を確認します。
- ・次いで、秤量皿を上皿にのせ、数字が動かなくなり、秤量皿の質量が表示されたら、表示パネル上の風袋消去 (RE-ZERO) を押し、0.00g を表示させます。

※風袋 (tare) とは、薬品の質量を測定する時に、薬品を入れる容器 (この場合は秤量皿) のことです。風袋消去とは、薬品を入れる前に容器の質量を 0 にし、薬品の質量のみを表示させることです。

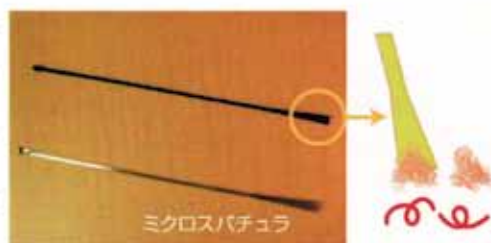


基本プログラム

ミクロスパチュラの使い方

- ・ミクロスパチュラからルミノール粉末をこぼさないようにするため、秤量皿の上方まで薬品びんを持って来て、そこからすくい取り、秤量皿に入れる。
- ・ミクロスパチュラのさじ部分に山形にすくい取り、秤量皿に入れ、その質量を測定して、量的感覚を養う。

※ミクロスパチュラの平たい部分は、粉末薬品を分けたり、化学分析用の試料を切って分けることに使える。



- (3) 秤量皿に入っているルミノール粉末 0.05g を、水酸化ナトリウム水溶液に入っている三角フラスコに入れる。

水酸化ナトリウム水溶液にルミノール粉末を溶かします。

- (4) 三角フラスコに入れたルミノール粉末を、水酸化ナトリウム水溶液に溶かすため、マグネットを、フラスコの内壁に伝わらせて入れる。

- (5) 三角フラスコに栓をしてマグネティックスターラの上にのせ、内液を攪拌して、ルミノール粉末を完全に溶解させる。



※マグネティックスターラの中では、強力磁石がモーターにより回転する。この強力磁石がフラスコ内のマグネットを回転させ、フラスコ内の液を攪拌する。

※マグネティックスターラで攪拌するとき、液の表面が泡立たないように、マグネットの回転スピードを調整。目視でルミノール粉末が溶液内に確認できなくなった時、ルミノールが完全に溶けたとみなし、そこで攪拌を止める。

- (6) マグネティックスターラの電源を切り、マグネットが止まった時点で、三角フラスコの栓を開け、マグネットを強力磁石で引っ張り上げて除く。



マグネットの取り出し方

- ・三角フラスコのガラス壁の外側に強力磁石を持って来て、マグネットを磁力でくっつけ、マグネットが落ちないように注意しながら強力磁石を上側に移動させる。

図2 「血で光る液体をつくる」の基本プログラム (2) (文献8)

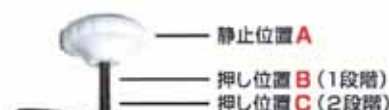
基本プログラム

オキシドールを加えて完成です。スプレーに移しかえましょう。

(7) マイクロビペットにチップを取り付ける。

オキシドールの薬品びんより内液をマイクロビペットで1000 μ L (1mL) 採取し、三角フラスコ内に排出する。これを2回行い、合計2000 μ L (2mL) を三角フラスコに入れる。

マイクロビペットの使い方



- ・マイクロビペットの太い部分にある体積目盛で、測る量を設定する。
- ・Bの位置まで押し下げ、そのまま液体にチップの先を2～3mm程度入れる。
- ・ゆっくりとAの位置までもどした後、1～2秒程度待つ、チップの先を液体から取り出す。
- ・吸い取った液体を排出するときは、Cの位置まで下げる。

(8) 三角フラスコに栓をして、手で軽く振り混ぜた後に栓を開け、内液のすべてをスプレーに移し入れる。

(9) ラベルにサインペンで、血で光る液体、注意事項、作成者の名前を書き、スプレーに貼り付けて出来上がり。



いよいよ実験です! できた液体を、血に吹きつけましょう。

プラスチック白血内の疑似血液付着ろ紙を、ピンセットで挟んでもち、スプレー内の血で光る液体をろ紙上に噴霧する。

噴霧直後にろ紙を白血内に戻し、すみやかに白血を暗箱内に入れ、ろ紙上の発光を観察する。



※血で光る液体を噴霧する時、他人や自分の手指に霧状液体がかからないように注意。
噴霧から観察までの時間は20秒以内にすることが、強い発光が観測できるので望ましい。

疑似血液付着ろ紙の作成法

- ・ヘモグロビン (牛血液由来) 0.14gを精製水100mLに溶かして、疑似血液とする。
- ・溶かす方法は、ルミノールを溶かす方法と同じ。
- ・疑似血液のヘモグロビン濃度は、実際の血液中濃度の100分の1に相当し、実際の血液を100倍に希釈した疑似血液とみなすことができる。
- ・疑似血液の50 μ Lをマイクロビペットで採取し、ピンセットで挟んだ四つ切りろ紙上に排出する。
- ・このろ紙をドライヤーで乾かして出来上がり。

図3 「血で光る液体をつくる」の基本プログラム (3) (文献8)

指導用プログラムは、本講座の受講生が子どもに基本プログラムを教える際の指導ポイントを示したプログ

ラムであり、基本プログラムの「つくり方」の各手順に、留意点、科学・技術的知識、発問・質問を対応させた内容としている。「血で光る液体をつくる」の指導用プログラムを図4、5に示す。

補助プログラムは指導の際に欲しい知識を示したものである。この著作では補助プログラムは省略する。

| 教材名 血で光る液体をつくる | | 指導用プログラム | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 完成品 |  | | |
| キーワード | | | |
| 材 料 | 水酸化ナトリウム水溶液 (PETボトル内)、ルミノール (薬品びん内) オキシドール (薬品びん内)、ラベル、疑似血液付着紙 (プラスチック白皿内、四つ切り) | | |
| 工具・道具 | 上皿電子天秤 (水準器付きで0.01gまで測定可能) と秤量皿 (物の質量を測る機械と薬品を入れてその質量を測るための皿)、マイクロピチュラ (微量の薬品や試料をすくい取る細長いさじ)、マグネティックスターラとマグネット (磁力を利用して薬品を液体に溶かすための機械と器具)、メートルグラス (50mL) (液体の体積を測る器具)、三角フラスコ (栓付き) (液体を入れ薬品の溶解や反応に使う容器)、スプレー (内部の液体を霧状にして外に出す器具)、暗箱 (光をさえぎり内部を暗くした箱)、安全メガネ (危険な薬品が目に入るのを防ぐメガネ)、マイクロピペットとチップ (液体の微量体積を正確に測り取る器具)、強力磁石 (溶液内のマグネットを引き上げるために使用する)、ピンセット (指で触れると物体を汚す場合に指の代りにまた微小な物体を取り扱う時に使う器具) | | |
| ものづくり手順 | 留意点 | 科学・技術的関連知識 | 発問・質問 |
| <p>① PETボトル (内容量500mL) の水酸化ナトリウム水溶液 (0.1mol/L、調製済) を、メートルグラスに入れ、その50mLを測り取り、三角フラスコに移す。</p>  | <p>あらかじめ、化学物質等安全データシート (MSDS: Material Safety Data Sheet) 等の資料により、水酸化ナトリウム水溶液の性質、危険性、取扱い等に関する情報を得て、安全に実験が行えるように準備する。</p> <p>実験を始める前に、水酸化ナトリウム水溶液の人体への有害性等を説明し、取扱いに注意するように指示すると共に、安全メガネを必ず着用させる。</p> <p>また、皮膚に付着した場合、目に入った場合、飲み込んだ場合の応急処置法を指導する。</p> | <p>水酸化ナトリウム水溶液のような強アルカリ性水溶液に接触した場合の応急処置法は、以下の通りである。</p> <p>皮膚に付着した時は大量の流水で皮膚を十分に洗う。</p> <p>目に入った場合は、指でまぶたを広げ、流水で15分以上注意深く洗浄し、すみやかに眼科医の診断を受ける。</p> <p>飲み込んだ場合は、直ちに口をすずがせ、医師の診断を受ける。無理に吐かせることはしない。</p> <p>水酸化ナトリウム水溶液の調製方法: 水酸化ナトリウムNaOH (試薬特級) 2.0gを精製水に溶かして、容量500mLのPETボトル (あらかじめ、容量500 mLの位置に目印を付けたもの) で500mLにする。</p> | <p>①水酸化ナトリウム水溶液のアルカリ性とはどのような性質ですか?</p> <p>②水酸化ナトリウムはどこで使われているの?</p> |
| <p>② アルミ板、もしくは真鍮板を帯ノコ盤で長さ4~5cmに切断する。</p>  | <p>気泡が輪の中に入っていない場合は、電子天秤の下部の左右のレベルングフットを回して、輪の中に気泡を入れる。</p>  | <p>これで、天秤の水平性が維持され、正確に質量測定ができることになる。</p> | <p>①上皿電子天秤はどのようにして重さを測っているの?</p> <p>②なぜ輪の中に気泡を入れるの?</p> |
| <p>③ 電源を入れ、液晶面の0.00g表示を確認する (左図)。次いで、秤量皿を上皿にのせ、数字が動かなくなり、秤量皿の質量が表示されたら、表示パネル上の風袋消去 (RE-ZERO) を押し、0.00gを表示させる (右図)。</p>  | <p>これら一連の操作は、静かに行うことが大切である。</p> <p>この電子天秤は0.01gまで測定できる精度の高い天秤であるので、操作中に動いたりすることで電子天秤のまわりに気流を生じると、数字が動き、正確な質量測定ができなくなる。</p> | <p>風袋 (tare) とは、薬品の質量を測定する時に、薬品を入れる容器 (この場合は秤量皿) のことである。この操作をすることで、容器に薬品を入れた時に表示される数字がそのまま薬品の質量になる。</p> <p>風袋消去とは、薬品を入れる前に容器の質量を0にする操作のことである。</p> | <p>①なぜ薬品の重さを測るのに秤量皿を使うの?</p> <p>②なぜここを押して0gにする (風袋消去する) の?</p> |

図4 「血で光る液体をつくる」の指導用プログラム (1) (文献8)

指導用プログラム

| ものづくり手順 | 留意点 | 科学・技術的関連知識 | 発問・質問 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>① 薬品びんより、ルミノール粉末をマイクロバチュラですくい取り、秤皿に入れて、その0.05 gを測り取る。</p>  | <p>この操作は、質量を測定する操作であるので、③と同様に静かに行う。 マイクロバチュラからルミノール粉末をこぼさないようにするため、秤皿の上方まで薬品びんを持って来て、そこからすくい取るとよい。 まず、マイクロバチュラのさじ部分に山形にすくい取り、秤皿に入れその質量を測定して、量的感覚を養う。</p> | <p>マイクロバチュラの平たい部分は、粉末薬品を分けたり、化学分析用の試料を切って分けることに使える。</p>  <p>マイクロバチュラ</p> | <p>①なぜマイクロバチュラを使うの？ふつうのスプーンではダメなの？ ②なぜマイクロバチュラのさじ部分の反対側は平たくなっているの？</p> |
| <p>② 秤皿のルミノール粉末を三角フラスコに移し入れ、次いで、マグネットを三角フラスコの内壁に伝わらせて入れる。 次に、三角フラスコに共栓をして、マグネティックスターラの上にのせ、内液を攪拌して、ルミノール粉末を完全に溶解させる。</p>  | <p>マグネティックスターラで攪拌するとき、液の表面が溶いたないように、マグネットの回転スピードを調整する。 ルミノールが完全に溶解したみずのは、目でルミノール粉末が溶液内に確認できなくなった時点で、そこで攪拌を止めてよい。</p> | <p>ルミノールluminolのlumiとはラテン語で光を意味する。ルミノールをアルカリ性溶液中で過酸化水素、塩素系漂白剤（次亜塩素酸ナトリウム含有）などで酸化すると発光する。分子式はC₈H₇N₃O₂であり、その化学構造は下記の通りである。</p> <chem>NC1=CC=C2C(=C1)C(=O)NC(=O)N2</chem> <p>このルミノールの発光反応は、血液成分のヘミン、ヘモグロビンによって触媒されるので、犯罪捜査で血痕の検出に利用されている。</p> | <p>①なぜマグネットは回転するの？</p> |
| <p>③ マグネティックスターラの電源を切り、マグネットが止まった時点で、三角フラスコの栓を開け、マグネットを強力磁石で引っ張り上げて除く。次いで、マイクロビペットにチップを付け、オキシドールの薬品びんより内液を1000 μL (1mL) 採取し、三角フラスコ内に排出する。これを2回行い、合計2000 μL (2mL) を三角フラスコに入れる。 栓をして、手で三角フラスコを軽く振り混ぜた後、栓を開け内液のすべてをスプレーに移し入れる。 ラベルにサインペンで、血で光る液体、注意事項、作成者の名前を書き、スプレーに貼り付けて出来上がり。</p>  <p>チップを付けたマイクロビペット</p> | <p>マグネットを強力磁石で三角フラスコ内から除く方法は、ガラス壁の外側に強力磁石を持って来て、マグネットを磁力でくっつけ、マグネットが落ちないように注意しながら強力磁石を上側に移動させる。 マイクロビペットを使って微小体積を採取する方法を指導する。</p>  | <p>マイクロビペットの正しい使い方は下記の通りである。</p>  | <p>①マイクロビペットはどのようにして液を吸い上げるの？ ②マイクロビペットはどれだけ小さい体積の液を測り取ることができるの？</p> |
| <p>④ プラスチック白皿内の疑似血液付着ろ紙を、ピンセットで挟んでもち、スプレー内の血で光る液体をろ紙上に噴霧する。 噴霧直後に、ろ紙を白皿に戻し、すみやかに白血を顕微鏡に入れ、ろ紙上の発光を観察する。</p>  <p>疑似血液付着ろ紙 顕微鏡</p> | <p>血で光る液体を噴霧する時、他人や自分の手指に霧状液体がかからないように注意する。 噴霧から観察までの時間は20秒以内にすることが、強い発光が観測できるので望ましい。</p> | <p>ろ紙上の疑似血液の付着した部分が青白く光る。この発光は波長400nmにピークをもつ発光である。新しい血痕より時間を経た血痕の方が明るく光ることが知られている。 疑似血液付着ろ紙の作成法： ヘモグロビン（牛血液由来）0.14 gを精製水100mLに溶かして、疑似血液とする。方法は、ルミノールを溶解させる方法と同じである。この疑似血液のヘモグロビン濃度は、実際の血液中濃度の100分の1に相当し、実際の血液を100倍に希釈した疑似血液とみなせる。この疑似血液の50 μLを、マイクロビペットで採取し、ピンセットで挟んだ四つ切りろ紙上に排出する。このろ紙をドライヤーで乾かして出来上がる。</p> | <p>①なぜ血のついたところが光るの？ ②水で血をどれくらいまで薄めても光るの？どれくらいの時間光り続けるの？ ③他の動物の血でも光るの？ ④オキシドールの他の薬品を使っても光るの？</p> |
| 教材の発展性 | <p>ルミノールを化学発光させる酸化剤として、過酸化水素を含む外傷消毒薬のオキシドールを使用しているが、次亜塩素酸ナトリウムを含む家庭用の塩素系漂白剤を使う展開も可能である。</p> | | |

図5 「血で光る液体をつくる」の指導用プログラム (2) (文献8)

4. 化学実験を安全に行うために

指導者講座では、実験の安全を確保するために、この教育プログラムの説明と基本プログラムの実習に入る前に、「化学実験を安全に行うために」というミニ講義を行っている。その概要に、新しく知識を加えたものを以下に記す。

受講者に、(化学薬品のリスク) = (その薬品の有害性の程度) × (暴露量)⁹⁾ で表わされることを提示し、どんな化学薬品についても注意して取扱うことを伝える。次いで、化学薬品の有害性の程度は、実験動物にその薬品(物質)を1回投与し、実験動物の50%が死亡する暴露量を、体重1 kg 当たりに換算した質量(半数致死量, Lethal Dose 50, 略称 LD₅₀)などで判定されることを示す。また、受講者に、一般薬品より有害性が高い劇物の判定基準⁹⁾(表1)を提示し、受講者の化学物質の有害性に関する理解を促進する。

表1 動物実験の結果による劇物の判定基準

| 分類 | LD ₅₀ (口からの暴露の場合) | 皮膚に対する腐食性 | 目の粘膜に対する重篤な損傷 |
|----|------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 劇物 | 体重1 kg 当たり 50~300mg | 実験動物の3分の1以上に皮膚組織の破壊を起こす | 実験動物のウサギの3分の1以上で、その損傷が21日間で完全回復しないなど |

参考：劇物より有害性が高い毒物のLD₅₀ (口からの暴露の場合)の判定基準は、体重1 kg 当たり 50mg 以下である。

この教育プログラムで取り扱う化学薬品のうち、劇物に分類される物質は水酸化ナトリウムだけである。そこで一般薬品とは別に、受講者に水酸化ナトリウムの有害性が高いことを認識させるために、安全を確保するための情報(図6)を提示する。

安全のための水酸化ナトリウムに関する情報

水酸化ナトリウム (sodium hydroxide) は化学式 NaOH で表される無機化合物であり、慣用名を苛性(かせい)ソーダ(きびしい性質のナトリウム化合物の意味)という。
その水溶液は強いアルカリ性を示し、皮膚に付くと皮膚組織を腐食する作用を持ち、劇薬に指定されています。
特に、眼に入った場合には失明のおそれがあるので、取扱いには注意を要します。
水酸化ナトリウムの濃厚水溶液のような強アルカリ性水溶液が体に付着した場合の応急処置法は、次のとおりです。
 ・皮膚に付着した時は大量の流水で皮膚を十分に洗う。
 ・目に入った場合は、指でまぶたを広げ、流水で15分以上洗浄する。
 ・この際、できればコンタクトレンズをはずして洗う。すみやかに眼科医の診断を受ける。
 ・飲み込んだ場合は、直ちに口をすすがせる。多量の水を飲ませ、すみやかに医師の診断を受ける。吐かせることはしない。

出典：化学物質等安全性データシート(MSDS=Material Safety Data Sheet)等

図6 「化学実験を安全に行うために」の講義スライド

皮膚腐食性を示す水酸化ナトリウムの水溶液は、含有率5%以上のものが劇物に指定されている。受講者には、

子ども向けに使用する水酸化ナトリウムの水溶液 (0.1mol/L) は含有率が 0.4%であるので、劇物には当たらないことも伝える。

しかしながら、皮膚の薬品に対する感受性が成人より高い子どもが実験をするため、必ず実験を始める前に目の保護に使う安全メガネの着用に加えて、保護用手袋の着用も徹底させることを教える。

なお、最も簡単で正確な化学物質の安全性に関する情報の収集は、インターネット検索で化学物質等安全性データシート (Material Safety Data Sheet, 略称 MSDS) の情報を獲得することであることを伝え、具体的な検索方法を提示する。例えば、「職場のあんぜんサイト¹⁰⁾」(厚生労働省) にアクセスし、その画面から「GHS モデルラベル・MSDS 情報」をクリックして、化学物質入力画面で検索する方法がある。

また、薬品の保管に関して、紛失による被害を防ぐため水酸化ナトリウムは保管庫に施錠して保管すること、ルミノールは熱と光によって分解されやすい性質をもつので、冷暗所 (冷蔵庫内) で保管する必要があることなどを教える。

5. 教育プログラム「血で光る液体をつくる」の発展性

血で光る液体の液性をアルカリ性 (塩基性) にするために使う水酸化ナトリウムは、毒物及び劇物取締法により、紛失を防ぐ措置を講じなければならないため、一般には使いにくい。よって、このプログラムの発展として、劇物でなく、一般に購入しやすい食品添加物の炭酸ナトリウム (ソーダ灰) (sodium carbonate, Na_2CO_3) を、水酸化ナトリウムの代わりに使うことが考えられる。また、ルミノールを化学発光させる酸化剤として、オキシドールの代わりに、次亜塩素酸ナトリウム (sodium hypochlorite, NaOCl) を含む家庭用の塩素系漂白剤を使用する展開も考えられる。この他に、既に適用しているが、ペットボトル入り水酸化ナトリウム水溶液の誤飲を防ぐために、0.1%プロモチモールブルー (BTB) 溶液を滴加して、青色に着色している。

6. 終わりに

このプログラムは、出展ブースに子どもの行列ができ、実験時間の短縮が求められる時は、ルミノールの秤量を省略することで、柔軟に現場対応ができるプログラムである。また、1回あたりの実験コストは、試算で約 63 円と安価である。調製した血で光る液体を冷蔵庫内 (約 10℃程度) で保存し、使用時にオキシドールを添加してやれば、少なくとも 1 年以上はその効力が持続するデータも得ている。

筆者は、この著作を多くの方に読んで頂き、子ども向けの多くの科学体験イベントで、この化学実験プログラムが使ってもらえることを願っている。

田中俊行 (鳥取大学産学・地域連携推進機構 研究推進部門)

文 献

- 1) 田中俊行, 吉井昌博: 芽が出る石, とっとり子ども科学まつり 2005 報告書, pp. 16-17, とっとり科学まつり実行委員会・賀露おやじの会, 2006. (とっとり子ども科学まつり 2004~2006 の企画・出展, 1) の他は省略する。)
- 2) 田中俊行: 血で光る液体, 電気自動車の組み立て・試乗教室, わかとり科学技術育成会 2009 報告書~わかとり科学技術育成会からのプレゼント~, p. 14, pp. 21-23, わかとり科学技術育成会, 2010. (米子こどもの科学教室 2007~2010 の企画・出展, 2) の他は省略する。)
- 3) 田中俊行, 市川修, 中本幸子, 藤原伸一, 鈴木孝夫, 三谷秀明, 檜垣克美, 木村宏二, 向井哲朗: にちなんふる里まつりに連携する出前科学実験教室, 平成 22 年度地域貢献支援事業報告書, pp. 231-237, 鳥取大学研究・国際協力部研究・地域連携課社会貢献室, 2011. (にちなんふる里まつりに連携する出前科学実験教室 2007~2011 の企画・出展, 3) の他

は省略する。)

- 4) ものづくり道場ホーム・ページ：<http://www.cjrd.tottori-u.ac.jp/monodukuri/>
- 5) 鳥取大学：「米子ものづくり道場」創設フォーラム～地域の科学技術理解ネットワーク構築とリーダー養成プログラム～報告書，2010.
- 6) 化学大辞典編集委員会編：化学大辞典9 縮刷版，p.862，共立出版，1964.
- 7) 林良重：ときめき化学実験，pp.113-115，裳華房，1993.
- 8) ものづくり協力会議編：JST 地域ネットワーク支援事業 ものづくり道場教材集，pp.108-113，教育図書（株），2011.
- 9) 化学同人編集部編：第7版実験を安全に行うために，pp.22-35，化学同人，2006.
- 10) 職場のあんぜんサイト：<http://anzeninfo.mhlw.go.jp/>